논의 수질정화 기능 분석

Analysis of the Function of the Paddy-field in Purifying Water Quality

김현수* · 김영일(농업기반공사) · 김진수 (충북대학교)
Kim, Hyeon Soo* · Kim, Young Il · Kim, Jin Soo

-Abstract-

The objective of this study is to analyze the function of the paddy-field in purifying water quality. This study was carried out is based on the data in the six case studies.

To improve purification function of paddy field, the following farming management is required.

1) A guideline to control the inlet and outlet of the paddy plot is need to minimiz drainage water by means of a reasonable irrigation management.

2) A guideline for fertilizer application in consideration of loading nutrients dissolved in irrigation water.

3) The reuse system of agricultural drainage water is required to minimize impacts on water quality of surface water(reservoir and river).

Ⅰ. 서론

논과 밭은 농산물을 생산하는 기본적 기능 이외에 홍수조절, 토양유실 방지, 대기정화 및 대기냉각, 지하수 함양, 그리고 수질정화 등 다양한 공익적 기능을 지니고 있음에도 불구하고 산업화·도시화로 인해 공장과 아파트, 도로와 철도 등의 용지로 계속하여 잠식되고 있으며, 현대농업이 생산성과 다수확을 위한 집약농법으로 발전하고 있고, 농약과 비료 등의 농업화학물질이 과다 사용됨에 따라 이제는 논과 밭으로 부터의 농업배수가 인접하천이나 하류부 저수지의 수질오염에 영향을 미치는 비점오염원이 되고 있는 실정이다.

우리나라는 벼 재배 국가들 중 비료의 사용량이 가장 많은 국가이다. 이는 1960년 후반 정부가 토양의 비옥도를 높이기 위하여 화학비료, 자급비료(퇴비, 두엄 등)를 많이 사용토록 권장하였고, 70년대에는 양분의 요구도가 높은 통일벼 등장으로 다비가 권장되었으며, 일단 최고 수량을 설정하고 이에 맞추어 비료를 주는 다시비 다수확 농법을 보급시켰는데 기인한다. 이로 인해 농가에서는 기준시비량을 훨씬 상회하는 과비풍조가 만연되었으며, 이러한 과비풍조는 농업생산성 향상 욕구와 더불어 최근까지 계속되고 있는 것으로 판단된다.

그러나, 최근에는 농업이 자연과 환경에 역기능을 최소화하고 순기능을 증대시키기 위한 노력이 환경농업(Environmental agriculture) 또는 저투입 지속형 농업(Low Input Sustainable Agriculture, LISA), 환경친화적 농업기반정비사업 등으로 나타나고 있고, 환경농업의 지속적인 실천과 확대, 환경친화적 농업기반정비를 위한 기술개발이 요구되는 실정이다.

본 연구는 논의 영양물질 배출부하 관련 사례연구 자료를 대상으로 벼를 재배하는 논의 수질정화기능을 분석하고, 논의 수질정화 기능 향상을 위한 영농관리 방안을 검토하는데 목적이 있다.

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)

Ⅱ. 연구범위 및 방법

Table 1. The conditions on the case studies.

Case study	Region	Area (ha)	Period	Irrigation water source
1)	전북 남원	114.8	'99~'00	하천(양수장)
2)	경기 여주	0.3	'01~'02	지하수
3)	충북 청원	41.9	'01~'02	하천(보)
4)	충북 청원	0.3	'02	저수지
5)	일본 시가	11.6	'87~'88	하천
6)	일본 치바	0.3	'00~'02	하천

본 연구는 벼를 재배하는 논의 영양물질 메카니즘을 분석하고 관개용수원을 고려하여 비교적 최근에 수행된 사례연구 자료를 토대로 물 수지 및 영양물질(총질소, 총인) 수지 의 인자별 상관관계와 배출부하 특성의 비교·분석을 통하여 벼를 재배하는 논의 수질정화 기능을 검토하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 영양물질 배출부하 분석

1) 물 수지 분석

사례연구에서 제시한 각 지구별 물 수지 내용은 다음과 같다

Table 2. Water balance on the case studies.

Case study	Inlet(㎜)			Outlet(㎜)			
	Sum	Irr.	Pre.	Sum	Sur.	Per.	Eva.
1)	2,405	1,340	1,065	2,356	1,453	459	444
	2,481	1,185	1,296	2,449	1,421	580	448
2)	824	313	511	1,158	593	77	488
	1,063	198	865	1,911	1,290	93	528
3)	2,775	2,224	551	2,674	1,811	203	660
	3,269	2,312	984	3,187	2,479	146	562
4)	1,304	638	666	1,345	417	352	576
5)	4,722	3,520	1,202	4,167	1,610	1,960	597
	4,350	3,950	400	5,151	2,600	1,980	571
6)	2,500	2,100	400	2,500	1,000	900	600

2)의 유입량 중 관개량은 순수 지하수 관개량이며 윗 논으로부터의 유입량 358㎜, 857㎜가 제외 됨.

① 용수원별 관개량

벼를 재배하는 논에서의 물 흐름은 관개용수원별로 뚜렷한 차이가 있었다.

보(head work)나 양수장과 같이 하천을 용수원으로 하는 지구가 저수지를 용수원으로 하는 지구보다 관개량이 많았으며, 특히 보 지구의 관개량이 많은 것으로 나타났다. 이는 생육기간 중 계속하여 용수로에 물이 흐름으로 인해 농민들이 쉽게 관개 할 수 있기 때문이라 생각된다. 반면, 저수지를 용수원으로 하는 지구에서는 저수지의 물관리요령에 의거 용수의 공급이 벼의 생육시기별로 조절함으로서 용수공급의 제한을 받고 있으며, 지하수를 용수원으로 하는 지구는 대부분 용수가 부족한 지역이기도 하지만 전력비 등을 고려하여 농민이 용수를 절약하기 때문에 관개량이 적은 이유이다.

② 관개량과 지표유출량

강우량과 관개량, 강우량과 지표유출량과의 상관성이 낮게 나타났다. 강우량이 많은 해에 지표유출량이 오히려 적게 나타난 것을 알 수 있으며, 특히, 이러한 현상은 하천을 용수원으로 하는 지구에서 뚜렷하게 나타나고 있다. 이는 강우의 발생회수, 강우강도, 강우지속시간 그리고 강우 시 담수위 및 배수물꼬의 높이 등이 원인이 될 수 있으나, 지속적인 농업용수개발사업으로 쉽게 물을 공급할 수 있음으로 인한 농민들의 물관리 관행과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

2) 영양물질 수지 분석

사례연구에서 제시한 각 지구의 영양물질 수지 내용은 다음과 같다.

Table 3. Nutrients balance on the case studies.

Case study	T-N										T-P							
	Inlet(kg/ha)					Outlet(kg/ha)					Inlet(kg/ha)				Outlet(kg/ha)			
	Sum	Irr.	Pre.	Fer.	Fix.	Sum	Sur.	Per.	Upt.	Den.	Sum	Irr.	Pre.	Fer.	Sum	Sur.	Per.	Upt.
1)	188.0	21.8	32.2	134.0	NA	72.4	57.8	14.6	NA	NA	13.11	0.13	0.38	12.6	2.40	2.33	0.07	NA
	184.8	20.8	24.0	140.0	NA	67.5	54.7	12.8	NA	NA	14.07	0.22	0.35	13.5	2.03	1.96	0.07	NA
2)	121.3	3.3	8.0	110.0	NA	125.1	9.2	NA	115.9	NA	19.87	0.27	NA	19.6	17.51	1.21	NA	16.3
	127.6	2.3	15.3	110.0	NA	142.5	16.6	NA	125.9	NA	19.72	0.12	NA	19.6	18.55	1.66	NA	16.9
3)	234.5	50.8	5.0	178.7	NA	50.0	43.7	6.3	NA	NA	24.54	2.32	0.12	22.1	1.52	1.47	0.05	NA
	217.1	64.0	5.0	148.1	NA	72.9	69.8	3.1	NA	NA	19.40	2.27	0.13	17.0	1.73	1.71	0.02	NA
4)	208.7	10.2	7.9	190.6	NA	172.0	6.4	3.5	162.1	NA	18.44	0.59	0.25	17.6	17.49	0.48	0.03	16.7
5)	201.9	90.4	NA	111.5	NA	259.5	42.1	73.9	143.5	NA	55.42	4.92	NA	50.5	46.77	5.45	6.42	34.9
	187.5	82.6	11.2	93.7	NA	224.0	48.0	52.5	143.5	NA	66.96	9.76	0.20	57.0	52.67	9.34	8.43	34.9
6)	132.1	60.1	4.0	48.0	20.0	112.5	14.9	NA	67.6	30.0	43.48	5.88	1.60	36.0	20.60	1.40	NA	19.2

2)의 영양물질 유입부하량은 지하수에 포함된 양으로 윗 논으로부터의 T-N 유입량 9.0kg/ha, 27.34kg/ha 와 T-P 0.98kg/ha, 1.37kg/ha가 제외 됨.

각 지구에서의 영양물질 배출부하량 차는 논 표면수의 농도 차 보다는 관개용수의 공급 용이성과 강우 시 배수물꼬의 관리 소홀로 인한 지표유출량의 증가에 따른 것으로 판단된다. 특히, 양수장과 보와 같은 하천을 용수원으로 지구에 대해서는 물관리 조직을 통한 현행 용수공급 요령의 보완이 필요한 시점이다.

2. 논의 수질정화기능 평가

논의 수질정화기능을 평가하는 지표로는 물의 이동과 관련된 인자들로 구성되는 순유출부하량의 산정으로 평가하며, 그 식은 다음과 같다.

순유출부하량 = 유출부하 - 유입부하

= (지표유출부하 + 침투유출부하) - (용수부하 + 강수부하)

Table 4. Ability for paddy-field in purifying water quality.

Case study	Inlet(kg/ha)				Outlet(kg/ha)				Net outlet (kg/ha)	
	Irr.		Pre.		Sur.		Per.			
	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P	T-N	T-P
1)	21.8	0.13	32.2	0.38	57.8	2.33	14.6	0.07	18.4	1.89
	20.8	0.22	24.0	0.35	54.7	1.96	12.8	0.07	22.7	1.46
2)	3.3	0.27	8.0	-	9.2	1.21	-	-	-2.1	0.94
	2.3	0.12	15.3	-	16.6	1.66	-	-	-1.0	1.54
3)	50.8	2.32	5.0	0.12	43.7	1.47	6.3	0.05	-5.8	-0.93
	64.0	2.27	5.0	0.13	69.8	1.71	3.1	0.02	3.9	-0.67
4)	10.2	0.59	7.9	0.25	6.4	0.48	3.5	0.03	-8.2	-0.33
5)	90.4	4.92	-	-	42.1	5.45	73.9	6.42	14.4	6.75
	82.6	9.76	11.2	0.20	48.0	9.34	52.5	8.43	6.7	7.81
6)	60.1	5.88	4.0	1.60	14.9	1.40	-	-	-49.2	-6.08

순유출부하량이 양(+)인 경우의 논은 배출형(오염원)으로 나타나고, 음(-)인 경우의 논은 흡수형(정화역)으로 작용하고 있음을 나타낸다.

이들 연구자료에 의하면, 벼를 재배하는 우리나라의 논은 정화기능이 미약하거나 경우에 따라서는 환경에 악영향을 미치는 오염

원으로 작용하고 있는 것으로 나타나고 있다. 이는 정화기능에 중요한 역할을 하는 작물의 영양물질 흡수요구량 이상의 과비 현상과 관개용수의 과잉공급으로 인한 지표유출량의 증가가 주요 원인으로 판단된다.

그러나, Table 4의 6)과 같이 일본에서의 최근 연구자료에 의하면 논은 상당한 정화기능을 지닐 수 있다는 결과를 보여주고 있다.

논의 정화능력을 향상시키기 위해서는 관개용수에 의한 영양물질의 유입부하량을 고려하여 작물생육에 필요한 적정량의 비료를 사용하여 시비효율을 향상시킴과 동시에 생육시기별 적정 담수심을 고려한 용수의 공급과 강우 시 배수물꼬의 조절을 통한 지표배수량을 줄이는 논에서의 물관리 관행의 변화 노력이 절실히 요구되고 있다.

Ⅳ. 결론

농업배수가 하천 및 호소의 수질오염에 미치는 영향에 대한 관심이 높아지는 시점에서 벼를 재배하는 논이 수질환경에 부정적인 영향을 줄이고 순기능을 향상시키며 벼 농사의 지속가능한 발전을 위해서는 다음과 같은 환경친화형 영농관리 방법이 요구되고 있다.

1) 논에 관개되는 용수량은 생육시기별 적정담수심을 고려하여 최소화하고, 유효강우량을 증가시키며, 농업배수의 최종 유출구인 배수물꼬의 합리적인 관리를 통해 지표유출량을 최소화 하는 환경친화형 물꼬관리요령의 정립이 필요하다.

2) 현행 토양검증에 따른 양분종합관리기술과 함께 농업용수의 영양물질 유입부하량을 고려하는 시비가 이루어 질 수 있는 농업용수의 수질별 추천시비량에 대한 시비요령이 필요하다.

3) 또한, 농업용수의 절약과 더불어 농업배수에 의한 인접 지표수의 수질오염에 영향을 최소화하기 위한 소유역 단위의 농업배수 재 이용 시스템 구축이 절실히 요구되고 있다.

<참고문헌>

- 윤광식 등, 2002. 양수장지구 광역논으로부터 영농기간 영양물질의 유출 및 물질수지. 한국농촌계획학회 8(1) : 15~25.
- 농림부, 2002. 농지배수의 친환경적 관리 및 처리기법 개발.
- 농업기반공사, 2002. 농업배수의 수질오염 저감을 위한 환경친화적 농업기반정비 방안(1)
- Takeda, I., T. Kunimatsu, S. Kobayashi, and T. Maruyama,, 1991, Pollutants balance of a paddy field area and its loadings in the water system - Studies on pollution loadings from a paddy field area(Ⅱ) -, *Trans. of the JSIDRE* 153: 63-72 (in Japanese).
- Yuyama, Y., M. NAKAMURA, K. HATA and M. HIRAYAMA, 2003. Material Balance in Model Paddy Fields with Irrigation from Eutrophied Lake.

※ 본 연구는 2003년 농업기반공사 자체지원 연구비로 수행된 결과의 일부임

2003년도 한국농공학회 학술발표회 논문집 (2003년 11월 1일)